

Для более сложных материальных ур-ний различают электростатику анизотропных сред ($D_a = \epsilon_{\alpha\beta} E_\beta$), нелинейную электростатику [$\epsilon = \epsilon(|E|)$], электростатику сред с пространственной дисперсией [$\epsilon_{\alpha\beta} = \epsilon_{\alpha\beta}(k)$], важным частным случаем к-рых являются движущиеся среды с временной дисперсией (здесь может даже меняться тип ур-ния для потенциала с эллиптического на параболический) и т. п.

II. Поля в магнитостатике описываются ур-ниями

$$[\nabla H] = \frac{4\pi}{c} j,$$

$$\nabla B = 0 \Rightarrow B = [\nabla A],$$

$$B = H + 4\pi M(H) + 4\pi M_{ст},$$

где в случае простейшей материальной связи индукт. намагничённость определяется соотношением

$$M(H) = \chi^m H.$$

Источниками в ур-ниях магнитостатики являются заданные распределения плотности электрич. тока j и сторонней намагничённости $M_{ст}$. В однородной среде ($\mu = \text{const}$) векторный потенциал магн. поля A (калибровка кулоновская) определяется векторным ур-нием Пуассона

$$\Delta A = -\frac{4\pi}{c} \mu j, \quad \nabla \cdot j = 0.$$

В общем случае возможны такие же разновидности сред, что и в электростатике.

III. К статич. электродинамике относят и процессы протекания пост. токов в распределённых проводящих средах. Токовая статика охватывается ур-ниями

$$j^e = \sigma(E + E_{ст}),$$

$$[\nabla E] = 0.$$

$$\nabla \cdot D = 4\pi r.$$

Источниками являются силы неэлектрич. происхождения, действующие на заряды, характеризующиеся направлённостью $E_{ст}$. Электрич. заряды присутствуют лишь в местах неоднородности среды, напр. на границах проводящих сред. Распределение токов в проводящих средах сопоставимо с распределением электрич. и магн. полей в электростатике и магнитостатике. Часто благодаря этой аналогии говорят, напр., о магн. цепях, по к-рым «текут» магн. потоки $\Phi_B = \int B dS$, аналогичные электрич. токам $I = \int j dS$ в электрич. цепях.

б) $a \ll 1$ — квазистатика, обобщающая соответствующие статич. приближения.

В квазиэлектростатике вакуумные электрич. поля описываются ур-ниями статики (I.), а в ур-ниях для магн. поля в качестве заданного источника фигурирует и ток смещения. Квазимагнитостатика описывается статич. ур-ниями для магн. полей с учётом закона индукции (2) для электрич. поля. Поскольку вихревое электрич. поле меняет электрич. токи в проводниках, являющиеся источниками магн. поля, то этот раздел квазистатики более богат, чем предыдущий; он описывает широкий круг явлений, происходящих в цепях перем. тока с сосредоточенными параметрами: ёмкостями, индуктивностями и сопротивлениями.

Квазистатика в распределённых проводящих средах описывается ур-ниями квазистационарного (квазистатического) приближения, в к-рых током смещения пренебрегают по сравнению с токами проводимости. В этом приближении распределения электрич. токов, электрич. и магн. полей описываются одинаковыми ур-ниями диффузионного типа:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{c^2}{4\pi\sigma\mu} \Delta H.$$

Эти ур-ния определяют, напр., распределение токов Фуко, проникновение перем. эл.-магн. поля в проводник (скин-эффект) и т. п.

в) $a \sim 1$. Резонансные волновые поля описываются точной системой М. у., однако их иногда выделяют из общего класса полей, особенно в тех случаях, когда их структура (пространственное распределение) фиксируется границами области, внутри к-рой эти поля могут быть возбуждены (напр., внутри полых резонаторов с металлическими стенками или в поперечном сечении волноводов либо в окрестности тонкой проводочной или целевой антенны). При этом обычно обращаются к фурье-преобразованию М. у. и представление поля в виде набора дискретных или квазидискретных мод.

г) $a \gg 1$. В рамках этого неравенства существуют квазиоптич. и оптич. приближения (см. *Квазиоптика, Геометрической оптики метод*), относящиеся к протяжённым в масштабе длины волны распространениям полей (волновым пучкам, многомодовым конфигурациям и т. п.). Под характерным масштабом, входящим в параметр a , здесь подразумевается масштаб изменения амплитуды поля.

15. Максвелла уравнения в различных системах единиц

Выше использовалась симметричная гауссова абс. система единиц. Удобство гауссовой системы единиц состоит в том, что все 4 вектора поля E, D, H, B обладают в ней одинаковыми размерностями ($\text{г}^{1/2}\text{см}^{-1/2}\text{с}^{-1}$) и потому в классическом «линейном» вакууме можно избежать введения ненужных констант: в силу $E = D, H = B$ безразмерные проницаемости вакуума обращаются в единицы $\epsilon_0 = 1, \mu_0 = 1$. Др. достоинством одинаковой размерности эл.-магн. полей является их естеств. объединение в единые тензоры поля вида (13), (14) без внесения корректирующих множителей.

Если принять запись ур-ния непрерывности в форме (5), а также соблюдение принципа дуальной симметрии, то М. у. можно придать вид

$$[\nabla H] = \alpha j + \beta \frac{\partial D}{\partial t},$$

$$[\nabla E] = -\beta \frac{\partial B}{\partial t},$$

$$\nabla B = 0,$$

$$\nabla D = \gamma r,$$

где константы α, β, γ связаны соотношением

$$\alpha = \beta\gamma.$$

Для простейших материальных связей типа (10) можно ввести проницаемости вакуума ϵ_0 и μ_0 и относит. проницаемости среды $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0, \mu_r = \mu/\mu_0$. Тогда из волнового ур-ния в вакууме следует естеств. соотношение между константами

$$\epsilon_0 \mu_0 c^2 \beta^2 = 1,$$

где c — скорость распространения любого эл.-магн. возмущения (в частности, света) в вакууме. В гауссовой системе $\beta = 1/c, \alpha = 4\pi/c, \gamma = 4\pi, \epsilon_0 = \mu_0 = 1$. Существует операция рационализации, предложенная Хевисайдом и состоящая в устранении иррациональных числовых множителей из М. у. Простейший путь ($\alpha = 1/c, \gamma = 1$) принят в рационализ. системе Хевисайда — Лоренца.

В *Международной системе единиц* (СИ) возникает дополнительная размерная константа, наз. импедансом (или характеристическим сопротивлением) вакуума $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi$ Ом. Это представляет известные удобства при сопоставлении процессов распространения плоских волн в свободном пространстве с волнами напряжения и тока в линиях передач, но приходится